



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

NATHÁLIA FERNANDES CORREIA LIMA

GLUCANAS PRODUZIDAS POR MICRORGANISMO:
POTENCIAL PREBIÓTICO

JOÃO PESSOA
2019

NATHÁLIA FERNANDES CORREIA LIMA

**GLUCANAS PRODUZIDAS POR MICRORGANISMOS:
POTENCIAL PREBIÓTICO**

Trabalho de conclusão de curso desenvolvido e apresentado no âmbito do Curso de Graduação em Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientador (a): Prof.^a Dra. Haíssa Roberta Cardarelli

**JOÃO PESSOA
2019**

L732g Lima, Nathalia Fernandes Correia.

Glucanas produzidas por microrganismos: potencial prebiótico /

Nathalia Fernandes Correia Lima. – João Pessoa, 2019.

40 f.

Orientação: Haíssa Roberta Cardarelli.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos)

- UFPB/CTDR.

1. polissacarídeos. 2. microbiota benéfica. 3. saúde. 4.
alimentos funcionais. I. Cardarelli, Haíssa Roberta. II. Título.

Catálogo na Publicação (CIP)

Biblioteca Setorial do CTDR/UFPB, PB, Brasil

Maria José Rodrigues Paiva – CRB 15/387

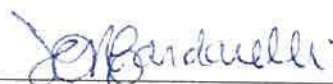
NATHÁLIA FERNANDES CORREIA LIMA

**GLUCANAS PRODUZIDAS POR MICRORGANISMOS:
POTENCIAL PREBIÓTICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal da Paraíba, como parte
das exigências para a obtenção do título de
Tecnólogo de Alimentos.

João Pessoa, 08 de maio de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Haissa Roberta Cardarelli
Professora DTA/CTDR/UFPB



Profa. Dra. Rayssa Julliane de Carvalho
Professora DTA/CTDR/UFPB



Kettelin Aparecida Arbos
Professor DTA/CTDR/UFPB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e por me guiar em toda a minha trajetória.

Aos meus pais, Abílio e Andrea, por todo apoio e incentivo durante toda a graduação, e principalmente por não me deixarem desistir nos momentos mais difíceis.

A minha irmã, Gabriela, por acreditar e incentivar meus estudos, e por todo o apoio e amor dedicado a mim.

As minhas amigas, Alynne, Emanuelle, Evellen, Flávia, Julyana e Tereza, com as quais divido os melhores momentos, e que tornaram essa trajetória menos árdua.

Aos meus amigos da CEMAC por compartilharem dos mesmos princípios e por me ajudarem na caminhada da vida cristã.

As minhas amigas que conheci durante a graduação, Gabryella, Jaíne, Alice, Laice e Irla, com quem compartilhei todas as dificuldades da vida acadêmica. Agradeço por toda amizade, ajuda e companheirismo.

À minha orientadora, professora Haíssa, pelo apoio, disponibilidade, sugestões, paciência e pelo exemplo de profissional. Agradeço por todos os ensinamentos e orientação, que fez com que admirasse ainda mais seu trabalho, competência e sabedoria.

Aos professores que contribuíram de forma direta ou indireta na minha formação.

A todos que de alguma forma contribuíram para execução deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos.

“Para “ser”, é preciso inebriar-se da verdade de que nenhuma circunstância pode definir quem “és”. Há em ti a liberdade de escolher sempre, apesar de tuas circunstâncias”. (Andrei Alves)

RESUMO

As glucanas são carboidratos bioativos interessantes devido aos seus efeitos fisiológicos e, recentemente, estudos tem considerado seu potencial prebiótico. Alimentos contendo prebióticos têm levado a um significativo crescimento e diversificação no mercado de alimentos funcionais. Pesquisas têm sido realizadas para descobrir novas fontes versáteis de prebióticos. Microrganismos são considerados uma fonte valiosa para o desenvolvimento de novos produtos, visto que uma diversidade de estruturas químicas e funcionalidades foi observada em compostos obtidos a partir de microrganismos. O objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão da literatura para demonstrar o potencial prebiótico de glucanas produzidas por microrganismos e sua potencial aplicação em alimentos funcionais. Foram relatados 16 estudos que reportam o potencial prebiótico de glucanas produzidas por várias espécies de microrganismos. Considera-se que glucanas de fontes de bactérias, fungos e algas sejam cada vez mais exploradas e potencialmente aplicadas em alimentos com função prebiótica, de forma que contribuam para a saúde da microbiota e para o crescente mercado de alimentos funcionais. Por tratar-se de uma abordagem recente, mais estudos ainda são necessários para revelar mais relações entre os benefícios à saúde e a regulação da microbiota intestinal induzida pela suplementação de glucanas produzidas por microrganismos, e confirmar sua potencial aplicação como prebióticos, bem como para descobrir novas fontes microbianas.

Palavras-chave: polissacarídeos; microbiota benéfica; saúde; alimentos funcionais.

ABSTRACT

Glucans are interesting bioactive carbohydrates because of their physiological effects and, recently, studies have considered their prebiotic potential. Foods containing prebiotics have led to significant growth and diversification in the functional food market. Research has been conducted to discover new versatile sources of prebiotics. Microorganisms are considered a valuable source for the development of new products, since a diversity of chemical structures and functionalities was observed in compounds obtained from microorganisms. The objective of the present study was to perform a literature review to demonstrate the prebiotic potential of glucans produced by microorganisms and their potential application in functional foods. 16 studies have been presented that report the prebiotic potential of glucans produced by various species of microorganisms. Therefore, glucans from sources of bacteria, fungi and algae are increasingly being exploited and potentially applied to foods with prebiotic function, so that they contribute to the health of the microbiota and to the growing market for functional foods. Because it is a recent approach, further studies are still needed to reveal more relationships between the health benefits and regulation of the intestinal microbiota induced by the supplementation of glucans produced by microorganisms and confirm their potential application as prebiotics, as well as to discover new microbial sources.

Key-words: polysaccharides; beneficial microbiota; health; functional foods.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. OBJETIVO GERAL	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3. METODOLOGIA	13
4. ALIMENTOS FUNCIONAIS	14
5. PROBIÓTICOS	15
6. PREBIÓTICOS	16
7. FIBRAS ALIMENTARES	18
8. GLUCANAS	19
8.1. PRINCIPAIS APLICAÇÕES DAS GLUCANAS	21
9. GLUCANAS PRODUZIDAS POR MICRORGANISMOS	23
9.1. GLUCANAS PRODUZIDAS POR MICRORGANISMOS COM POTENCIAL PREBIÓTICO E POSSÍVEIS APLICAÇÕES EM ALIMENTOS FUNCIONAIS	26
10. CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

Polissacarídeos são macromoléculas naturais que constituem um grupo de compostos dos mais abundantes e importantes da biosfera, amplamente utilizados em produtos alimentícios, às vezes por razões tecnológicas, como para melhorar a qualidade do alimento. Geralmente esses polímeros de carboidratos são de origem vegetal, no entanto, microrganismos, tais como algas, bactérias e fungos também são produtores de diferentes polissacarídeos com diversas e importantes aplicações biotecnológicas (CORRADI DA SILVA et al., 2006).

Os polissacarídeos mais abundantes na natureza são compostos por glicose, ou seja, são glucanas. As glucanas tem ganhado cada vez mais atenção devido a suas propriedades e potenciais aplicações. A aplicabilidade desses polímeros depende, em geral, de sua decomposição monossacarídica, tipo de ligação, grau de ramificação e peso molecular. Podem apresentar ligações do tipo α ou β , havendo predominância das β -glucanas (RUIZ-HERRERA e ORTIZ-CASTELLANOS, 2019).

Glucanas produzidas por microrganismos podem participar da composição da parede celular, ou são secretadas para o meio de cultivo, sendo então denominadas de exopolissacarídeos (EPS). Um único microrganismo pode produzir mais de um tipo de EPS com estruturas químicas diversificadas (BARBOSA et al., 2004; BAUERMEISTER et al., 2010).

Wong et al. (2005) descobriram que as β -glucanas obtidas de cogumelos podem ser utilizadas pelas bactérias colonizadoras do cólon humano e demonstraram o potencial de melhorar a saúde intestinal alterando seletivamente a abundância de bactérias, incluindo bifidobactérias e bactérias lácticas.

Os prebióticos são carboidratos não digeríveis que podem ser usados como fonte primária de energia para a microbiota intestinal. Os efeitos imunomoduladores e a absorção de nutrientes no intestino por meio de prebióticos podem ajudar a manter a saúde do indivíduo e as populações da microbiota intestinal. Podem ocorrer naturalmente em alimentos como chicória, alho, cebola, aveia, pera, mirtilo, entretanto, novas fontes versáteis de prebióticos foram encontradas e tem sido estudadas para a comercialização econômica (MARKOWIAK e ŚLIŻEWSKA, 2017; KHANGWAL e SHUKLA, 2019).

Atualmente, uma forma de se consumir prebióticos se dá através da ingestão de produtos alimentícios. Alimentos contendo prebióticos têm levado a um significativo crescimento e diversificação no mercado de alimentos funcionais (YAN et al., 2018).

O campo de pesquisa do desenvolvimento de alimentos funcionais tem ganhado cada vez mais importância, visto que seu consumo pode ser uma forma de auxiliar na manutenção da saúde. Desta forma, é de grande interesse produzir novas formas de prebióticos, a partir de carboidratos prontamente disponíveis e renováveis (SHI et al., 2018).

Microrganismos são considerados uma fonte valiosa para o desenvolvimento de novos produtos, visto que uma diversidade de estruturas químicas e funcionalidades foi observada em compostos obtidos a partir de microorganismos (ZANNINI et al., 2015).

Considerando que glucanas são biopolímeros que têm aplicabilidade em diversos campos, dependendo de suas características estruturais, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão da literatura para demonstrar o potencial prebiótico de glucanas produzidas por microrganismos e sua potencial aplicação em alimentos funcionais.

2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GERAL

Realizar revisão de literatura acerca das glucanas produzidas por micro-organismos e seu potencial como prebióticos.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar as aplicações e principais funções das glucanas;
- Descrever tipos de glucanas produzidas por microrganismos;
- Apresentar o potencial de glucanas produzidas por microrganismos como prebióticos e aplicações no desenvolvimento de alimentos funcionais.

3. METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma revisão bibliográfica, realizada entre fevereiro e maio de 2019. A busca dos artigos indexados foi realizada nas bases eletrônicas Portal CAPES e SciELO com as palavras-chaves: “prebiotics”; “probiotic and prebiotic”; “glucan”; “prebiotic and glucan”; “fibras alimentares”; “alimentos funcionais e prebióticos”; “ α e β glucana”; “ β glucan and prebiotics”; “glucan and funcional food”; “microbial β -glucans”, publicados de 2004 a 2019. Os critérios de inclusão foram todos os artigos que abordassem o tema proposto, envolvendo pesquisas ainda em fase de estudo. Excluíram-se da pesquisa todas os estudos cujo objetivo não era tratar do potencial prebiótico das glucanas além das publicações em idiomas diferentes das línguas portuguesa, inglesa e espanhola. Procurou-se, de forma randomizada, informações sobre glucanas e seu potencial prebiótico na primeira etapa da busca científica. A segunda etapa limitou-se aos trabalhos envolvendo glucanas produzidas por microrganismos.

4. ALIMENTOS FUNCIONAIS

A concepção de que alimentos poderiam prevenir doenças e serem aproveitados como tratamento surgiu desde os tempos antigos quando Hipócrates, considerado o “pai da medicina” afirmava: “Que o teu remédio seja o teu alimento e o teu alimento seja o teu remédio” (UYEDA et al., 2016).

Na década de 80, um programa de governo do Japão introduziu o conceito de uma nova classe de alimentos, chamados de “alimentos funcionais”. Essa proposta visava desenvolver alimentos saudáveis que integrassem propriedades medicinais, diminuindo os custos com saúde, para uma população que possuía grande expectativa de vida. Assim, alimentos funcionais “são aqueles que, além de contribuir com a nutrição, contêm substâncias que podem ser consideradas biologicamente ativas, produtoras de benefícios clínicos ou de saúde”. Isto é, promovem a saúde através de mecanismos não previstos na nutrição convencional (CASEMIRO; RAMOS, 2014).

Em relação a definição, a ANVISA não define claramente os alimentos funcionais, mas a Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999, alega a propriedade funcional como sendo “aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano”.

Destarte, aponta-se que o alimento seja funcional ao certificar-se que o mesmo confere benefícios para uma ou mais funções do corpo, além da ação nutricional inerente a sua composição química, tendo assim, sua importância tanto para o bem-estar e a saúde quanto para a redução do risco de uma doença (ROBERFROID, 2002). O conceito de alimento funcional possibilita a combinação de produtos comestíveis de alta flexibilidade com moléculas biologicamente ativas, de forma a corrigir alterações metabólicas (MORAES; COLLA, 2006).

Sabe-se que muitos nutrientes possuem propriedades funcionais, como os probióticos, prebióticos e a associação de ambos - simbióticos, que têm efeitos benéficos ao organismo ao favorecer, em especial, a microbiota intestinal do cólon, aspecto fundamental para o equilíbrio e manutenção da saúde (ANJO, 2004).

Soma-se a conscientização da população na busca de alimentos ou suplementos alimentares que contenham substâncias que auxiliem na promoção da saúde e tragam com

isso uma melhora no estado nutricional, a fim de trazer uma melhor qualidade de vida, o que resultou no surgimento de um novo cenário no mercado de alimentos. Assim, a indústria alimentícia tem investido, nos últimos anos, na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos que contenham tais benefícios (GIANEZINI et al., 2012).

5. PROBIÓTICOS

Ilya Metchnikoff, imunologista russo, foi o primeiro a afirmar, em 1907, que as defesas do organismo podiam ser reforçadas pela absorção de bactérias fermentescíveis. A palavra “probiótico” deriva do grego e significa “a favor da vida”, utilizada pela primeira vez em 1954 para referir-se a substâncias necessárias para uma vida saudável (BINNS, 2014).

Dentre diversas definições, a mais aceita é a emitida pela Associação Científica Internacional de Probióticos e Prebióticos (ISAPP) que define que “probióticos são microrganismos vivos, que quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro” (HILL et al, 2014).

Os probióticos caracterizam-se por preservar e reestabelecer a homeostase do intestino, de forma que sua influência sobre a microbiota intestinal humana inclui efeitos antagônicos, competição por nutrição e efeitos imunológicos, aumentando a resistência do organismo contra patógenos. Desta forma, a utilização de culturas bacterianas probióticas promove a multiplicação de bactérias benéficas, evitando a proliferação de bactérias potencialmente prejudiciais, reforçando os mecanismos naturais de defesa do hospedeiro (DE MENEZES et al., 2013).

Dentre as principais bactérias probióticas introduzidas nos alimentos funcionais, tem-se as dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, e, em menor quantidade, *Enterococcus faecium*. Pode-se citar no gênero *Bifidobacterium*: *B. bifidum*, *B. breve*, *B. infantis*, *B. lactis*, *B. animalis*, *B. longum* e *B. thermophilum*. Dentre os *Lactobacillus*: *Lb. acidophilus*, *Lb. helveticus*, *Lb. casei subsp. paracasei* e subsp. *tolerans*, *Lb. plantarum*, *Lb. rhamnosus* e *Lb. salivarius* (DA PAIXÃO; CASTRO, 2016).

São características desejáveis dos probióticos: serem habitantes normais do organismo e se reproduzirem rapidamente, produzindo substâncias antimicrobianas e

sobrevivendo durante a fabricação, comercialização e ingestão do produto, devendo atingir o intestino ainda vivos. No mercado global, os probióticos são encontrados principalmente em três categorias principais - alimentos, suplementos alimentares e produtos farmacêuticos. Geralmente fazem parte de alimentos industrializados como leites fermentados ou na forma de pó ou cápsulas (ANJO, 2004; HILL et al., 2014).

A combinação sinérgica de probióticos e prebióticos pode ser considerado como um simbiótico. A interação entre eles no organismo se dá com o crescimento do probiótico estimulado pela fermentação do prebiótico, podendo resultar em uma vantagem competitiva para o probiótico, se ele for consumido juntamente com o prebiótico (BINNS, 2014; UEYDA et al., 2016).

6. PREBIÓTICOS

A Associação Científica Internacional de Probióticos e Prebióticos (ISAPP) determinou, em 2010, que “Prebióticos alimentares são ingredientes seletivamente fermentados, que resultam em alterações específicas na composição e/ou atividade da microbiota gastrointestinal, assim proporcionando benefícios para a saúde do hospedeiro” (BINNS, 2014; GIBSON et al., 2010).

Todavia, ainda não havia um consenso na definição de prebiótico, visto que requeria esclarecimentos acerca da especificidade, mecanismos de ação, efeitos sobre a saúde e sua relevância. Assim, a atual banca de consenso do ISAPP propôs em 2017, a mais recente definição: “um substrato que é utilizado seletivamente por microrganismos hospedeiros, conferindo benefícios à saúde” (GIBSON et al. 2017).

Considera-se como requisitos para uma substância ser considerada prebiótico da microbiota intestinal: resistência à degradação pelo ácido do estômago, enzimas ou hidrólise; fermentação por microrganismos intestinais; estimulação seletiva da multiplicação e da atividade de microrganismos benéficos no intestino. Para avaliar e validar a ação prebiótica de um composto, é necessário realizar diferentes testes *in vitro* e *in vivo* (LAMSAL, 2012; SERRANO, 2017).

Dentre as funções relacionadas aos prebióticos, pode-se dizer que estimulam a multiplicação de microrganismos comensais como *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*,

melhoram a motilidade intestinal e o esvaziamento gástrico, imobilizando e reduzindo a capacidade de fixação de algumas bactérias patogênicas no intestino (BRITO et al., 2014).

A ação prebiótica implica na manutenção da saúde intestinal pelo estímulo de microrganismos probióticos. Os principais produtos da fermentação da microbiota intestinal são os ácidos graxos de cadeia curta, juntamente com a produção de vitaminas, butirato e alguns outros nutrientes vitais (WARRAND et al., 2006). No entanto, os benefícios para a saúde vão além da modulação da microbiota, incluindo doenças associadas ao sistema imune, bem como, doenças cardiovasculares, controle da obesidade e certos tipos de diabetes (GIBSON et al., 2017).

Os compostos de carboidratos foram os mais explorados no que diz respeito à atividade prebiótica, visto que sua constituição em cadeias de tamanhos diferentes, desde composição por monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos, até grande polissacarídeo permite diversificação no potencial de estímulo aos microrganismos benéficos. Pode-se citar, principalmente, os frutanos, dentre eles o polissacarídeo inulina e os fruto-oligossacarídeos (FOS) derivados de várias plantas ou da sacarose – e galacto-oligossacarídeos (GOS). Alguns prebióticos emergentes, como o dissacarídeo lactulose, outros oligossacarídeos e dextrinas resistentes, polissacarídeos como polidextrose, arabinoxilanos e amidos resistentes, bem como alguns polióis como lactitol e isomaltooligossacarídeos estão em estudo e requerem mais evidências em humanos para que possam ser totalmente estabelecidos como prebióticos (BINNS, 2014).

Além desses, outros carboidratos não digeríveis, como pectoligossacarídeos (POS), polidextrose (PDX), exopolissacarídeos bacterianos (EPS) e polissacarídeos de macroalgas estão nas fases iniciais do estudo (BINNS, 2014; SERRANO, 2017).

Alguns prebióticos estão naturalmente presentes em certos alimentos, como chicória, aveia, alho, alho-poró, aspargos, cebola, trigo e soja. No entanto, a ingestão total dessas fontes dentro de uma dieta normal é pequena, fazendo-se necessário a fortificação de alimentos mais frequentemente consumidos com ingredientes prebióticos. Os prebióticos são, assim, uma subcategoria de ingredientes alimentares funcionais e podem ser adicionados em iogurtes, cereais, pães, biscoitos, sorvetes, bebidas, e ainda, em rações para animais e suplementos (GIBSON et al., 2010).

Atualmente, muitos prebióticos e possíveis prebióticos são rotulados como nutrientes na categoria nutricional e regulatória de fibra alimentar, visto que estas apresentam propriedades de resistência à digestão e de fermentabilidade, diferenciando-

se na questão da seletividade. Os conhecimentos acerca dos efeitos fisiológicos dos diferentes compostos presentes na fibra alimentar vem aumentando, e há associação dessas como prebióticos, devido ao perfil de fermentabilidade de substâncias específicas das fibras alimentares, sua interação com a microbiota colônica, bem como na eficácia das fibras na redução do risco de algumas doenças (BINNS, 2014; GIUNTINI; MENEZES, 2018).

Prebióticos são geralmente considerados fibras, mas nem toda fibra é prebiótica. Além disso, seria confuso categorizar as fibras como prebióticos, visto que, uma fibra alimentar pode ser um prebiótico em um hospedeiro, mas não em outro. Por exemplo, a celulose pode ser considerada um prebiótico em ruminantes, mas não em humanos. Também depende do local de destino no corpo do hospedeiro, tendo como exemplo o xilitol, sido considerado um prebiótico na cavidade oral, mas não demonstrando ser prebiótico em outras partes do organismo (GIBSON et al., 2017).

7. FIBRAS ALIMENTARES

De acordo com Figueiredo et al. (2009), tem-se constatado nas últimas décadas um crescente interesse em relação à fibra alimentar, comprovado pela intensa pesquisa científica na área, visto que seu consumo reduz o risco de ocorrência de patologias, como doenças cardiovasculares, diabetes, hipertensão, obesidade e distúrbios gastrointestinais. Mais estudos laboratoriais e clínicos vão sendo aos poucos divulgados e o papel das fibras vai sendo desvendado, sendo sua definição complexa e de evolução contínua.

As fibras alimentares correspondem aos componentes da parede celular de vegetais não digeridos pelas enzimas digestivas do trato gastrintestinal dos seres humanos, resistem à digestão e absorção intestinal e sofrem fermentação completa ou parcial no intestino grosso. São obtidas através da ingestão de alimentos como verduras, legumes, frutas, grãos integrais, sementes, que também são ricos em prebióticos (PAPATHANASOPOULOS; CAMILLERI, 2010; CARVALHO, 2018).

As fibras alimentares podem ser solúveis ou insolúveis. Dentro do grupo das fibras insolúveis estão a lignina, celulose e algumas hemiceluloses. São estruturas lineares, o que lhes permite uma maior adesão intramolecular, com capacidade de adsorver

moléculas de água que ficam retidas nos espaços vazios disponíveis entre os polímeros. As fibras solúveis podem ser compostas por β -glucanas, gomas e mucilagens, pectinas e alguns tipos de hemiceluloses como arabinoxilano, polissacáridos sintéticos e polissacáridos de origem animal. Dissolvem-se em água, formam géis viscosos e são facilmente fermentadas pela microbiota do intestino grosso (MINEIRO, 2014; CARVALHO, 2018).

As glucanas são carboidratos bioativos e têm provocado interesse devido aos seus efeitos fisiológicos, como antitumoral, antiinflamatório, antimutagênico, hipocolesterolêmico, hipoglicêmico, e, recentemente, estudos tem considerado como potenciais prebióticos, visto que podem funcionar como um imunomodulador direta ou indiretamente através da modulação da microbiota intestinal. Como não são sintetizados pelo organismo humano, induzem a resposta do sistema imune inato e adaptativo. Devido aos seus potenciais efeitos sobre a saúde, a indústria alimentícia tem usado cada vez mais β -glucanas para o desenvolvimento de alimentos funcionais (MAGNANI, CASTRO-GÓMEZ, 2008; SOMENSI, 2014; LAM et al., 2018).

8. GLUCANAS

As glucanas integram o grupo dos compostos fisiologicamente ativos, chamados de Modificadores da Resposta Biológica (MRB). São polissacarídeos amplamente encontrados na natureza, podendo ser formadas por centenas ou milhares de subunidades de D-glicose, que apesar da composição monossacarídica simples, demonstram grande variabilidade estrutural, diferindo-se entre si pelo tipo de ligação glicosídica que as unem, comprimento de suas cadeias polissacarídicas e pelo grau de ramificação. Podem ser de origem vegetal, como a celulose, animal, como o glicogênio, ou ainda produzidas por microrganismos, como bactérias e alguns fungos, integrando a composição da parede celular, enquanto outras são secretadas para o meio de cultivo, sendo então denominadas de exopolissacarídeos (EPS) (CORRADI DA SILVA et al., 2006; BAUERMEISTER et al. 2010; SYNYTSYA, NOVAK, 2014).

Existem três tipos estruturais principais destes polissacarídeos, de forma que podem assumir configurações do tipo α ou β , nomeados de α -glucanas, β -glucanas e,

ainda, α , β -glucanas mistas, sendo a β -glucana a forma predominante (SYNYTSYA, NOVAK, 2014).

As α -glucanas podem ser encontradas em animais na forma de glicogênio, em vegetais e na parede celular de alguns microrganismos. β -glucanas, por sua vez, estão presentes em bactérias, plantas superiores, leveduras, fungos e alguns cereais, principalmente cevada e aveia (MAGNANI, CASTRO-GÓMEZ, 2008; SALES, 2017).

As α -glucanas são, em geral, substâncias amorfas e solúveis em água quente, desempenhando um papel de reserva energética. Classificam-se de acordo com sua estrutura em α -d-glucanas lineares, aquelas que possuem exclusivamente ligações α 1,3, α 1,4 ou α 1,6, e em α -glucanas ramificadas sendo aquelas que contém várias dessas ligações. Possuem propriedades de aumentar a viscosidade e de agentes ligantes, podendo ser úteis em aplicações na indústria de alimentos (SYNYTSYA, NOVAK, 2014; RUIZ-HERRERA e ORTIZ-CASTELLANOS, 2019).

Os amidos consistem principalmente de duas α -glucanas, podendo ser de cadeia linear do tipo α (1 \rightarrow 4), sendo assim chamada de amilose, ou de cadeia ramificada com ramificações do tipo α (1 \rightarrow 6), chamadas de amilopectina (ROCHA, 2010). As dextranas são glucanas com ligação do tipo α (1 \rightarrow 6), que tem um baixo grau de ramificação, com ligações do tipo α (1 \rightarrow 2), (1 \rightarrow 3) e (1 \rightarrow 4) como resíduos; o glicogênio é altamente ramificado a partir de ligações α (1 \rightarrow 4), com ramificações de ligações glicosídicas α (1 \rightarrow 6); a pululana é constituída por unidades de maltotriose interconectadas via ligações α (1 \rightarrow 6) (KAGIMURA, 2015).

Dentre os alimentos fonte α -glucanas pode-se citar a batata, que possui ligações do tipo α (1 \rightarrow 4) e α (1 \rightarrow 6). As alfa glucanas também podem ser obtidas a partir de espécies de fungos como *Tremella mesenterica*, e contém ligações do tipo α (1 \rightarrow 4) e (1 \rightarrow 6) na proporção de 2:1, de *Aureobasidium pullulans*, que possui glucana constituída de subunidades repetitivas de maltotriose e um pequeno número de unidades de maltotetraose unidas por ligações (1 \rightarrow 6) (CORRADI DA SILVA et al, 2006).

A maioria das β -glucanas são insolúveis em água e em quase todos os solventes. Cada tipo de β -glucana possui características específicas, podendo variar no tipo de ligação, grau de ramificação, massa molecular, carga polimérica, solubilidade, bem como a estrutura conformacional em solução aquosa, a qual pode apresentar-se como espiral, aleatória simples ou com hélice tripla, estando esta última relacionado a uma maior

atividade biológica. Tais fatores influenciam diretamente suas propriedades biológicas (LUNA, 2016).

As β -glucanas podem ser fibras alimentares solúveis ou insolúveis, e sua estrutura varia entre linear ou ramificada dependendo da fonte. Por exemplo, β -glucanas de aveia e cevada são compostas por cadeias ramificadas com ligações β (1 \rightarrow 3) e β (1 \rightarrow 4), ao passo que, β -glucanas oriundas de leveduras e fungos são constituídas por um esqueleto linear compostas de cadeias de glicose unidas por ligações β (1 \rightarrow 3) e cadeias laterais unidas por ligações β (1 \rightarrow 6) (1 \rightarrow 9). (PIZARRO, 2014; ZHU et al, 2016).

As classes de β -glucanas fúngicas são mais abundantes e suas estruturas são mais variáveis em relação às alfa glucanas. As β -glucanas são os principais polissacarídeos que compõem a parede celular de alguns microrganismos como os fungos filamentosos, as leveduras e algumas bactérias, conferindo rigidez e auxiliando sua integridade. Auxiliam na manutenção do pH ótimo para ação de enzimas e na regulação da concentração de glucose extracelular nos fungos. Além disso, proporcionam proteção à célula microbiana contra a dessecação ou ao ataque por bacteriófagos e protozoários (CORRADI DA SILVA et al., 2006; SOMENSI, 2014; LUNA, 2016).

A estrutura química, potenciais funções biológicas e propriedades bioativas e funcionais têm despertado interesse nas β -glucanas, que tem demonstrado atividade anti-tumoral, imunomoduladora, estimulação da hematopoiese, antioxidante e anti-inflamatória, além de apresentar propriedades na prevenção e tratamento de síndromes metabólicas, pois são fibras alimentares. Atribui-se ao consumo de β -glucanas melhoria nos níveis glicêmicos pós-prandiais e na resposta imunológica, redução dos níveis de colesterol total e LDL, auxílio no tratamento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) e infecções fúngicas, parasitárias e bacterianas (LUNA, 2016; ZHU et al., 2016).

8.1. PRINCIPAIS APLICAÇÕES DAS GLUCANAS

Diversas pesquisas têm sido feitas acerca dos biopolímeros em virtude de seu elevado potencial de aplicação em diferentes setores. No que diz respeito às glucanas, encontram-se muito menos registros sobre α -glucana na literatura, sendo a β -glucana a

forma predominante encontrada. Muitos destes biopolímeros apresentam propriedades reológicas que são valiosas para emprego industrial (CORRADI DA SILVA et al., 2006).

Dentre as glucanas, as mais estudadas, estão aquelas com ligação β -(1 \rightarrow 3) devido as suas interessantes propriedades físico-químicas, com capacidade de formação de géis, e possuem potencial para aplicações em alimentos. Além disso, também apresentam atividades associadas com aplicações médicas, farmacêuticas e cosméticas (VASCONCELOS, 2009).

A utilidade de β -glucanas nas indústrias alimentícia e farmacêutica ainda está associada a diversas propriedades físicas, como espessamento, estabilização e emulsificação. Suas propriedades reológicas estimularam sua incorporação em diferentes matrizes dietéticas com o objetivo de melhorar a estabilidade, a textura e o prazo de validade do alimento, em substituição a certos aditivos ou agentes texturizantes artificiais. Devido as suas propriedades funcionais, podem ser incorporadas em sopas, molhos, bebidas e outros produtos alimentícios, fornecendo uma maior quantidade de fibras (ZHU et al., 2016; GULERIA et al., 2015). Soukoulis, Lebesi e Tzia (2009) ainda reportaram que na indústria alimentícia, os β -glucanas podem ser utilizados com a finalidade de revestimento impermeável na superfície de produtos alimentares, como os gelados.

β -glucanas são extraídas de diferentes fontes e comercializadas em várias formas. A extraída da cevada possui propriedades espessantes, o que permite sua incorporação em produtos alimentares como substituto da goma arábica, alginatos, pectina, goma xantana e carboximetilcelulose. Melhora a textura e o sabor de pães e bolos sem glúten. Oferece menor quantidade de gorduras em produtos cárneos, como salsicha e hambúrguer, melhora o sabor e textura e modifica as características físicas e sensoriais quando se compara aos produtos tradicionais. Sua incorporação também foi avaliada em produtos lácteos, na fabricação de sorvetes e iogurtes com baixo teor de gordura (SALES 2017; ZHU et al., 2016; AHMAD et al., 2012). Exopolissacarídeos do tipo β -glucanas de fontes microbianas também possuem inúmeras aplicações potenciais nas indústrias alimentícia e farmacêutica. (DAS e GOYAL, 2014).

Modificações químicas na estrutura desses polissacarídeos como sulfonilação, carboximetilação, fosforilação e acetilação são consideradas ferramentas importantes para aumentar propriedades, bioatividades e aplicações. São aplicados na indústria de alimentos como agentes espessantes não calóricos, agentes emulsificantes, no

revestimento de frutas com a formação de filmes comestíveis, e, ainda, considerados ingredientes funcionais e com potencial prebiótico (KAGIMURA et al., 2015).

9. GLUCANAS PRODUZIDAS POR MICRORGANISMOS

A Tabela 1 exemplifica os principais tipos de glucanas produzidas por diversas espécies de microrganismos.

Tabela 1. Tipos de glucanas produzidas por microrganismos.

Glucana	Espécie	Microrganismo	Referência
Dextrana	<i>Lactobacillus reuteri</i>	Bactéria	Torino et al. (2015); Das e Goyal (2014)
Mutana	<i>Streptococcus</i>	Bactéria	Torino et al. (2015); Das e Goyal (2014)
Alternana	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Bactéria	Torino et al. (2015); Das e Goyal (2014)
Reuterana	<i>Lactobacillus reuteri</i>	Bactéria	Torino et al. (2015); Das e Goyal (2014)
Curdulana	<i>Agrobacterium sp., Streptococcus mutans, Alcaligenes faecalis</i>	Bactéria	Cunha et al. (2004)
Laminarina	<i>Laminaria digitata</i>	Alga	Sweeney et al. (2012)
Pululana	<i>Aureobasidium pullulans Cryphonectria</i>	Fungo	Forabosco (2006)
Escleroglucana	<i>Sclerotium rofsii Sclerotinia sclerotium</i>	Fungo	Vasconcelos (2009)
Lentinana	<i>Lentinus edodes</i>	Fungo	Gallier et al. (2011)
Grifolana	<i>Grifola frondosa</i>	Fungo	Mizuno & Nishitani (2013)
Epiglucana	<i>Epicoccum nigrum</i>	Fungo	Da Silva et al. (2006)

Fonte: Compilado pelo próprio autor.

As α -D-glucanas podem ser sintetizadas por bactérias lácticas, sendo categorizadas em quatro grupos: dextranas, com ligações α (1 \rightarrow 6), ou com ligações α - (1 \rightarrow 6) em sua maioria e algumas ligações α (1 \rightarrow 2) α (1 \rightarrow 3), e / ou α (1 \rightarrow 4) ramificadas (encontradas principalmente em *Leuconostoc*); mutanas, com a maioria das ligações α (1 \rightarrow 3) (encontradas no *Streptococcus*); alternanas, com alternância de ligações α (1 \rightarrow 3) e α (1 \rightarrow 6) (reportadas apenas em *Leuconostoc mesenteroides*); e reuteranas, estrutura altamente ramificada com ligações α (1 \rightarrow 4) (encontradas em *Lactobacillus reuteri*). Essas α -D-glucanas produzidas por bactérias lácticas possuem propriedades físico-químicas únicas, podendo ter aplicações na indústria alimentícia como estabilizantes e gelificantes (DAS e GOYAL, 2014; TORINO et al., 2015).

A dextrana é utilizada como espessante para geleias e sorvetes. Evita a cristalização do açúcar, melhora a retenção de umidade e mantém o sabor e a aparência de vários alimentos. A reuterana é utilizada como espessante em alimentos lácteos fermentados. Além disso, devido à sua solubilidade em água, também pode ser aplicada no setor de panificação. A estrutura das alternanas confere-lhe propriedades físicas distintas, incluindo alta solubilidade e baixa viscosidade. Estas características fornecem a esta glucana uma potencial aplicação comercial como um texturizador de baixa viscosidade em alimentos (ZANNINI et al., 2015).

A curdulana é uma β (1 \rightarrow 3) glucana produzida e excretada principalmente por bactérias do gênero *Agrobacterium*. Apresenta-se insolúvel em água destilada, em álcool e em alguns solventes orgânicos, e solúvel em soluções alcalinas diluídas, com capacidade de formar diferentes tipos de géis dependendo da temperatura, quanto maior a temperatura maior a resistência do gel. Esse polímero apresenta propriedades físico-químicas, podendo ser utilizado como aditivo alimentar, contribuindo na estabilidade e na qualidade de produtos alimentícios. Apresenta potencial uso na área médica, na produção de medicamentos contra infecções e como agente anticoagulante e antitrombótico (CUNHA et al., 2004).

A laminarina, isolada da alga *Laminaria digitata*, da β (1 \rightarrow 3)-D-glucana, cuja estrutura química consiste principalmente de uma glucana linear β (1 \rightarrow 3) ligada a algumas cadeias laterais ligadas aleatoriamente por β (1 \rightarrow 6), dependendo da variedade das algas marinhas. β -glucanas derivadas da *Laminaria digitata* são solúveis em água e contêm um pequeno número de cadeias laterais ligadas por ligações β (1 \rightarrow 6) (SWEENEY et al., 2012).

A pululana é uma α -glucana produzida pelo fungo *Aureobasidium pullulans*, mas que também foi caracterizada em cepas de *Cryphonectria* parasítica, um fungo fitopatogênico de castanheira e outros microrganismos (FORABOSCO et al., 2006). Forma filmes solúveis em água com baixa permeabilidade ao oxigênio, sendo utilizada no preparo de molhos para saladas, alimentos pré-cozidos, doces e no acabamento de chocolates, de gomas de mascar e de balas, conferindo aderência e brilho, sem alterar odor, sabor, e poder calórico do alimento. Ainda, auxilia na estabilidade do produto ao atuar como barreira ao oxigênio, o que contribui para a inibição da multiplicação microbiana e evita seu escurecimento por oxidação. É comparada aos polímeros sintéticos de álcool polivinílico nas propriedades de transparência, brilho, maciez e elasticidade (DA SILVA et al., 2006; VASCONCELOS, 2009; OLIVEIRA, 2014).

A pululana também pode ser incorporada em alimentos para substituir o amido, conferindo características como consistência, dispersibilidade e retenção da umidade. Pode substituir parcialmente o amido em massas ou produtos de panificação e melhora a vida útil dos alimentos, pois não é uma fonte assimilável para bactérias e fungos responsáveis pela deterioração dos alimentos. Ainda, tem aplicação em alimentos congelados, aumentando a vida útil do sorvete, melhorando as propriedades organolépticas e diminuindo o crescimento de cristais de gelo e lactose, aumentando a resistência ao derretimento (SINGH e SAINI, 2012).

A fermentação dos fungos *Sclerotium rofsii* e *Sclerotinia sclerotium* produz um exopolissacarídeo naturalmente solúvel em água, a escleroglucana, com alta viscosidade em soluções aquosas e estrutura molecular em tripla hélice. Esta glucana, diferente da maioria das gomas, naturais ou sintéticas, mantém suas propriedades físicas de viscosidade em temperaturas altas ou variação de pH, o que pode favorecer sua utilização na indústria (VASCONCELOS, 2009).

Lentinus edodes (Shiitake) é um cogumelo medicinal com uma longa tradição de uso na Ásia. A principal substância ativa em *L. edodes* é a lentinana, uma β -glucana formada por uma cadeia principal β (1 \rightarrow 3) ligada a cadeias laterais de β (1 \rightarrow 6). Essa glucana tem sido caracterizada como um polissacarídeo de alto peso molecular organizado em uma hélice tripla, que apresente diversas propriedades como antimicrobianas, anticarcinogênico, antitumor e antiviral (GALLIER et al., 2011).

Outro cogumelo comestível e medicinal, o *Agaricus blazei*, originário do Brasil, é fonte de vários polissacarídeos, dentre eles glucanas β (1 \rightarrow 6) e β (1 \rightarrow 3). Tem sido

sugerido como base para alimentos funcionais, pois foi estabelecido que pode ser usado com segurança como imunestimulante e para contribuir na dieta de indivíduos com obesidade ou diabetes (GIAVASIS, 2014; MIZUNO, NISHITANI, 2013). *Grifola frondosa* é um dos cogumelos medicinais mais populares no Japão. Este cogumelo consiste principalmente de glucanas β (1 \rightarrow 6); β - (1 \rightarrow 3) e β (1 \rightarrow 3); β (1 \rightarrow 6), como frações polissacarídicas solúveis em água com propriedades antitumorais (MIZUNO, NISHITANI, 2013). A epiglucana é outro polissacarídeo fúngico extracelular, sintetizado por três diferentes linhagens do *Epicoccum nigrum* e com estrutura β (1 \rightarrow 3, 1 \rightarrow 6) (CORRADI DA SILVA et al., 2006).

9.1. GLUCANAS PRODUZIDAS POR MICRORGANISMOS COM POTENCIAL PREBIÓTICO E POSSÍVEIS APLICAÇÕES EM ALIMENTOS FUNCIONAIS

Muitos polissacarídeos têm sido relatados por exercerem um efeito prebiótico ao proporcionar a fermentação seletiva por espécies de *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*, dentre eles inulina, frutooligossacarídeos (FOS), galactooligossacarídeos (GOS), lactulose e isomaltooligossacarídeos. Entretanto, existem potenciais carboidratos prebióticos ainda sob investigação, como as glucanas, que tem ganhado a atenção devido às suas diferentes origens e diversidade estrutural, bem como características de fermentação e benefícios para a saúde humana. Apenas um pequeno número de prebióticos tem sido comercializado, o que reforça o grande interesse na produção de novos prebióticos (GIBSON et al., 2010; MIAO et al., 2016; LAM et al., 2018).

A Tabela 2 apresenta lista resumida de várias glucanas e suas aplicações incluindo alguns alimentos.

Tabela 2. Estudos com glucanas produzidas por microrganismos e suas aplicações.

Microrganismo	Tipo de glucana	Resultados	Referência
<i>Lactobacillus reuteri</i>	α (1→4) e (1→6)	Propriedades pró e prebióticas. Glucanas de lactobacilos seriam alternativas interessantes e viáveis como aditivos alimentares usados na produção de alimentos funcionais como iogurtes.	Kralj et al. (2004)
<i>Leuconostoc citreum</i> E497, <i>Weissella confusa</i> E39, <i>L.mesenteroides</i> B512F	Dextrana	A dextrana de <i>L. citreum</i> E497 pode ser útil como fonte de glicoligossacarídeos prebióticos com ramificações ligadas a α (1 → 2).	Maina et al. (2008)
<i>P. parvulus</i> 2.6	β (1→3)	A cepa as condições do trato gastrointestinal humano e, portanto, pode ser metabolicamente ativa no cólon. Produz glucana com propriedades reológicas úteis como espessante.	De Palencia et al. (2009)
<i>P. ostreatus</i> ; <i>P. eryngii</i>	β (1→3)(1→6), α (1→4)	Glucanas de <i>P. ostreatus</i> e <i>P. eryngii</i> podem ser combinadas com probióticos selecionados para a produção de um ingrediente simbiótico.	Synytsya et al. (2009)
<i>Lactobacillus suebicus</i> CUPV221, <i>Pediococcus parvulus</i> CUPV1, <i>P. parvulus</i> CUPV22,	β (1→3)	As três bactérias são candidatas em potencial para a produção de alimentos funcionais e produzem glucanas prebióticas.	Garai-Ibabe et al. (2010)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	β (1→3)	Cepas mistas de bactérias lácticas probióticas, capazes de produzir ou consumir β -glucanas podem ser uma estratégia adequada para o desenvolvimento de novos tipos de alimentos funcionais.	Russo et al. (2012)

<i>Lactobacillus plantarum</i> DM5	α (1→3) e (1→6)	Glucana de <i>L. plantarum</i> DM5 possui potencial prebiótico e é fonte alternativa de carbono para bactérias probióticas. Pode ser utilizada como agente espessante e gelificante nas indústrias de laticínios e panificação.	Das et al. (2014)
<i>Ganoderma lucidum</i>	β -glucana	<i>G. lucidum</i> e seus polissacarídeos de alto peso molecular podem ser usados como agentes prebióticos para prevenir disbiose do intestino e distúrbios metabólicos relacionados à obesidade em indivíduos obesos	Chang et al. (2015)
<i>Schizophyllum commune</i> Fr; <i>Auricularia auricula</i> Judae	β (1→3), β (1→4), β (1→6)	β -glucana de <i>Schizophyllum commune</i> Fr e <i>Auricularia auricula</i> Judae são candidatos a prebióticos.	Chaikiang et al. (2015)
<i>Leuconostoc citreum</i> SK24.002	α (1→3) e (1→6)	α -D-glucana tratada enzimaticamente possui potencial prebiótico <i>in vitro</i> .	Miao et al. (2016)
<i>P. parvulus</i> 2.6	β (1→3)	<i>P. parvulus</i> é capaz de fermentar as farinhas de cereais com um aumento da viscosidade dos produtos e a sobrevivência do probiótico <i>L. plantarum</i> foi aumentada ou mantida pela presença das β -glucanas bacterianas.	Pérez-Ramos et al. (2017)
<i>Hericium erinaceus</i>	β -glucana	Demonstraram ter um bom efeito prebiótico, aliviando sinergicamente sintomas da doença inflamatória do intestino e aumentando a imunidade dos indivíduos.	Diling et al. (2017)

<i>Lactobacillus, E. coli</i> ATCC 11775	β (1→3)	GOS de curdlana possui potencial efeito prebiótico.	Shi et al. (2018)
<i>Enterococcus hirae</i>	α (1 → 6) e α (1 → 3)	Possuem potencial considerável para serem usados como hidrocolóides nas indústrias alimentícias e o potencial funcional e prebiótico está sendo estudado.	Jayamanohar et al. (2018)
<i>Lactobacillus brevis</i> ED25	α (1→ 3) e (1→ 6)	A glucana atuou como um prebiótico e melhorou as propriedades físico-químicas do pudim de chocolate.	Ispirli et al. (2018)

Fonte: Compilado pelo próprio autor.

Segundo Kralj et al. (2004), *Lactobacillus reuteri* é produtor de glucanas com potenciais propriedades pró e prebióticas. Glucanas de *Lactobacillus* seriam, portanto, alternativas interessantes e viáveis como aditivos alimentares usados na produção de alimentos funcionais como iogurtes.

Maina et al. (2008) relataram que as dextranas são os principais exopolissacarídeos produzidos pelas espécies de *Leuconostoc* e que outras bactérias lácticas são produtoras de dextrana, incluindo espécies de *Streptococcus*, *Lactobacillus* e *Weissella*. Analisaram as estruturas de dextranas produzidas por *Leuconostoc citreum* E497 e *Weissella confusa* E392 e compararam com dextranas produzidas por *L. mesenteroides* B512F nas mesmas condições. *L. citreum* E497 e *W. confusa* E392 produziram uma dextrana de classe 1. A dextrana de *L. citreum* E497 continha cerca de 11% de ramificações com ligação α (1 → 2) e cerca de 3,5% α (1 → 3), enquanto a dextrana de *W. confusa* E392 era linear com apenas algumas ligações (2,7%) α (1 → 3). A dextrana de *W. confusa* E392 foi mais linear do que o de *L. mesenteroides* B512F, que, de acordo com o presente estudo, continha cerca de 4,1% de ramificações ligadas a α (1

→ 3). Desta forma, haja vista que a funcionalidade, seja fisiológica ou tecnológica, depende da estrutura do polissacarídeo, o estudo constatou que a dextrana de *L. citreum* E497 pode ser útil como fonte de glicoligossacarídeos prebióticos com ramificações ligadas a α (1 → 2).

O estudo feito por De Palencia et al. (2009) com β -D-glucana sintetizada pela cepa *Pediococcus parvulus* 2.6, indicou que esta é capaz de tolerar as condições do trato gastrointestinal humano e, portanto, pode ser metabolicamente ativo no cólon. A análise das propriedades reológicas mostrou que a glucana produzida pelo microrganismo tem utilidade como espessante. Além disso, a ingestão de alimentos à base de aveia elaborada com *P. parvulus* 2.6 resultou em uma diminuição dos níveis de colesterol sérico.

Synytsya et al. (2009) isolaram e caracterizaram glucanas de cogumelos *P. ostreatus* e *P. eryngii*, e fizeram testes em extratos aquosos e alcalinos dessas fontes para verificar seu potencial prebiótico em relação a cepas probióticas selecionadas. Os resultados obtidos demonstraram que as glucanas de *P. ostreatus* e *P. eryngii* podem ser combinadas com probióticos selecionados para a produção de um ingrediente simbiótico. Esta construção simbiótica foi bem sucedida com o gênero *Lactobacillus* para ambos os tipos dos extratos, enquanto que como gênero *Bifidobacterium* os extratos de *P. eryngii* se mostraram mais eficientes.

A pululana, uma α -glucana solúvel em água e produzida pelo *Aureobasidium pullulans*, tem demonstrado ação prebiótica por promover seletivamente a multiplicação de *Bifidobacterium* spp no intestino humano (VASCONCELOS, 2009).

Garai-Ibabe et al. (2010) isolaram três bactérias lácticas, *Lactobacillus suebicus* CUPV221, *Pediococcus parvulus* CUPV1 e *P. parvulus* CUPV22, produtoras de grande quantidade de β (1→3)-D-glucanas com substituição na posição 2. Os resultados mostraram que as três bactérias são candidatas em potencial para a produção de alimentos funcionais. *P. parvulus* CUPV22 e, principalmente, *L. suebicus* CUPV221 provavelmente seriam capazes de sobreviver e colonizar as partes inferiores do trato gastrointestinal. Os exopolissacarídeos (EPS) das bactérias lácticas são importantes biopolímeros que podem melhorar as propriedades físico-químicas dos produtos alimentícios e atuam como prebióticos.

Russo et al., (2012) avaliaram a ação prébiotica da β (1→3)-D-glucana com substituição na posição 2 de origem bacteriana no crescimento de três cepas probióticas, incluindo uma cepa recombinante de *Lactobacillus plantarum*. Os resultados mostraram

que todas as cepas bacterianas investigadas foram capazes de usar EPS como substrato para sua multiplicação. A pronunciada taxa de crescimento observada para a linhagem recombinante *L. plantarum* WCFS1 β -gal confirma a influência positiva das enzimas glicosidases no aumento do potencial prebiótico do EPS. Esta β -glucana aumenta a ligação da cepa *L. plantarum* WCFS1 às células intestinais. Estes resultados sugerem que as cepas mistas de bactérias lácticas probióticas, capazes de produzir ou consumir β -glucanas, podem ser uma estratégia adequada para o desenvolvimento de novos tipos de alimentos funcionais.

Uma α -D-glucana produzida por *Lactobacillus plantarum* DM5 foi estudada *in vitro* por Das et al. (2014) acerca de sua atividade prebiótica. O resultado revelou um aumento da multiplicação de bactérias probióticas como *Bifidobacterium infantis* e *Lactobacillus acidophilus*, mas não propiciou a multiplicação de bactérias não probióticas como *Escherichia coli* e *Enterobacter aerogenes*. Deste modo, a glucana de *L. plantarum* DM5 possui potencial prebiótico e serviu como uma fonte alternativa de carbono para bactérias probióticas. Assim, o prebiótico glucana-DM5, isolado ou combinado com bactérias probióticas na forma de simbióticos, tem a capacidade de influenciar e melhorar a saúde gastrointestinal dos seres humanos. Além disso, sua estrutura permite ser utilizada como agente espessante e gelificante nas indústrias de laticínios e panificação.

Um estudo com oito cogumelos reporta que *Schizophyllum commune* Fr e *Auricularia auricula* Judae tiveram o mais alto conteúdo de β -glucana e o custo de produção mais barato em relação ao conteúdo de β -glucana produzido. As propriedades prebióticas de β -glucanas solúveis e oligo- β -glucanas de *Schizophyllum commune* Fr e *Auricularia auricula* Judae foram avaliadas por meio da fermentação na presença de conteúdo fecal. O estudo confirmou que β -glucanas de *Schizophyllum commune* Fr e *Auricularia auricula* Judae são candidatas a prebióticos (CHAIKLIANG et al., 2015).

Miao et al. (2016), em estudos com fermentação *in vitro* com a cepa *Leuconostoc citreum* SK24.002, que possuem α -D-glucana contendo ligações α (1 \rightarrow 3) e (1 \rightarrow 6) em D-glucopiranosose, além de possuir uma quantidade limitada de ligações de cadeia ramificada α (1 \rightarrow 6), mostrou que a partir do tratamento enzimático a α -D-glucana possui potencial prebiótico. A fermentação da α -D-glucana tratada enzimaticamente produziu maior quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, incluindo propionato e butirato após 12 a 48 horas de incubação. No entanto, os autores afirmam que pesquisas adicionais deverão ser

realizadas para investigar *in vivo* o metabolismo e funcionalidade prebiótica e para obter melhores informações sobre as relações da estrutura e função da α -D-glucana.

Ganoderma lucidum é um cogumelo usado na medicina tradicional chinesa com efeitos antidiabéticos. Friedman (2016) reporta que os constituintes do *G. lucidum* possuem características prebióticas importantes e são empregados para aumentar a microbiota bacteriana. A fermentação de extratos contendo polissacarídeos representados principalmente β -D-glucanas de *G. lucidum* mostrou capacidade prebiótica ao estimular as bifidobactérias. Chang et al. (2015), em estudo com camundongos alimentados com uma dieta rica em gordura também relataram que *G. lucidum* e seus polissacarídeos de alto peso molecular podem ser usados como agentes prebióticos para prevenir disbiose do intestino e distúrbios metabólicos relacionados à obesidade em indivíduos obesos.

Outro estudo com *Pediococcus parvulus* 2.6, que produz um exopolissacarídeo $\beta(1 \rightarrow 3)$ -D-glucanas com substituição na posição O2, apenas sintetizado por bactérias, empregou a bactéria como cultura inicial para a produção de três alimentos fermentados à base de cereais. As matrizes fermentadas foram naturalmente bio-fortificadas com β -glucanas desse microrganismo e, assim, utilizadas para investigar o potencial prebiótico do exopolissacarídeo bacteriano através da análise da sobrevivência de *Lactobacillus plantarum* WCFS1 probiótica em condições simuladas do ambiente gastrointestinal e em condições de limitação de nutrientes. Os resultados mostraram a capacidade de *P. parvulus* em fermentar as farinhas de cereais com um aumento da viscosidade dos produtos e a sobrevivência do probiótico foi aumentada ou mantida pela presença das β -glucanas bacterianas (PÉREZ-RAMOS et al., 2017).

Diling et al. (2017) relataram que o *Hericium erinaceus* (HE), um tradicional cogumelo comestível, é rico em alguns componentes fisiologicamente importantes, como alguns monossacarídeos: manose, arabinose, ramnose, xilose, galactose e glucose, e especialmente os polissacarídeos de β -glucana. Estas demonstraram ter um bom efeito prebiótico, aliviando sinergicamente sintomas da doença inflamatória do intestino e aumentando a imunidade dos indivíduos.

Um estudo avaliou os mecanismos envolvidos no potencial prebiótico de GOS obtidos a partir de curdlana, um homopolissacarídeo extracelular microbiano. A digestibilidade de GOS de curdlana foi testada em condições gastrointestinais simuladas através de sua fermentação por nove cepas probióticas de *Lactobacillus* e a bactéria entérica *E. coli* ATCC 11775. Os GOS de curdlana foram estáveis frente às enzimas

digestivas e o pH no ambiente do trato gastrointestinal. Houve a multiplicação de algumas cepas probióticas de *Lactobacillus*, enquanto não houve multiplicação de *E. coli*. Assim, tal estudo confirmou que GOS de curdlana possui potencial efeito prebiótico (SHI et al., 2018).

O estudo com exopolissacarídeos (EPS) caracterizados como α -D-glucanas com ligações de α (1 \rightarrow 6) e α (1 \rightarrow 3) produzidos por *Enterococcus hirae* indicou que tais EPS possuem um potencial considerável para serem usados como hidrocolóides nas indústrias alimentícias e que o potencial funcional e prebiótico dos polímeros vem sendo estudado (JAYAMANO HAR et al., 2018).

Ispirli et al. (2018) analisaram a ação prebiótica e características físico-químicas de um EPS, *Lactobacillus brevis* ED25, do tipo α -glucana com ligações α (1 \rightarrow 3) e (1 \rightarrow 6) em um pudim de chocolate contendo *Lactobacillus rhamnosus* GG como uma cepa probiótica. Três diferentes formulações foram testadas: amostra de controle, com adição de probiótico (*Lactobacillus* GG) e outra simbiótica (*Lactobacillus* GG + EPS). O pH e a acidez da amostra de pudim simbiótica foram maiores que as amostras probióticas e a de controle durante 28 dias de armazenamento refrigerado. Houve aumento na viabilidade de *Lactobacillus* GG na amostra simbiótica em comparação com a amostra probiótica, sugerindo o papel prebiótico da α -glucana. Além disso, a sinérese na amostra de pudim simbiótica reduziu significativamente em comparação com as outras amostras devido ao efeito físico-químico da glucana.

Lam et al. (2018) comparou a fermentação *in vitro* de 13 carboidratos diferentes de amostras fecais coletadas de bebês de 3 meses de idade, alimentados com leite materno através da determinação da viabilidade de bactérias anaeróbias totais e de duas bactérias probióticas (*Bifidobacterium* e *Lactobacillus*). Constataram que as β -glucanas aumentaram seletivamente a multiplicação de *Lactobacillus* por um período de fermentação mais longo do que a maioria dos carboidratos testados. Uma combinação de beta-glucanas de alto peso molecular juntamente com FOS / GOS (que são relativamente menos seletivos para *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*) e xilitol (mais seletivo para *Bifidobacterium* e utilizado como adoçante com redução de calorias) pode ser usada para desenvolver a próxima geração de prebióticos em fórmulas infantis, para bebês em estágio um (0-6 meses), estágio dois (6-12 meses) e estágio três (1-3 anos).

10. CONCLUSÃO

Os estudos reportados demonstram a importância que tem-se dado ao estudo acerca de novas fontes prebióticas, devido aos benefícios que tais substratos conferem para a saúde humana e sua aplicação no desenvolvimento de alimentos funcionais.

Diversos microrganismos apresentam grande potencial para síntese de carboidratos prebióticos que, além de contribuir para a saúde, podem ter aplicações tecnológicas em escala industrial.

Outros estudos ainda são necessários para revelar mais relações entre os benefícios à saúde e a regulação da microbiota intestinal induzida pela suplementação de glucanas produzidas por microrganismos, e confirmar sua potencial aplicação como prebióticos, bem como para descobrir novas fontes microbianas. Assim, considera-se que glucanas de fontes de bactérias, fungos e algas sejam cada vez mais exploradas e potencialmente aplicadas em alimentos com função prebiótica, de forma que contribuam para a saúde da microbiota e para o crescente mercado de alimentos funcionais.

REFERÊNCIAS

BRASIL ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 18, 30/04/1999.

ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 3, n. 2., p. 145-154, 2004.

AHMAD, A.; ANJUM, F.M.; ZAHOR, T.; NAWAZ, H.; DILSHAD, S.M. Beta glucan: a valuable functional ingredient in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 52, n. 3, p. 201–212, 2012.

BARBOSA, A. M.; CUNHA, P. D. T. da; PIGATTO, M. M.; SILVA, M. de L. C. da. Produção e Aplicações de Exopolissacarídeos Fúngicos. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 25, n. 1, p. 29-42, 2004.

BAUERMEISTER, A.; REZENDE, M. I.; GIESE, E. C.; DEKKER, R. F. H.; BARBOSA, A. de M. β -1,3-Glucanases Fúngicas: produção e aplicações biotecnológicas. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 31, n. 2, p. 75-86, 2010.

BINNS, N. Probióticos, Prebióticos e a Microbiota Intestinal. **ILSI Brasil International Life Sciences Institute do Brasil**, p. 33, 2014.

BOCK, K.; GAGNAIRE, D.; VIGNON, M.; VINCENDON, M. High resolution nuclear magnetic resonance studies of nigeran. **Carbohydrate polymers**, v. 3, p. 13-22, 1983.

BRITO, J. FERREIRA, A. H. C.; DE SANTANA JÚNIOR, H. A.; ARARIPE, M. DE N. B. DE A.; LOPES, J. B.; DUARTE, A. R.; CARDOSO, E. DE S. V.; RODRIGUES, L. Probiótico, prebiótico e simbiótico na alimentação de não-ruminantes. **Revista Eletrônica Nutrime**, v. 11, n. 4, p. 2525-2545, 2014.

CARVALHO, C. M. De. **Efeito da fibra alimentar em pacientes com diabetes melito: avaliação aguda da resposta glicêmica e insulinêmica e revisão sistemática de desfechos renais**. 2018, 56 f. Tese (Doutorado em Endocrinologia). Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2018.

CASEMIRO, Í. de P; RAMOS, P. Produção científica sobre alimentos funcionais: uma análise das publicações brasileiras entre 2007 e 2013. **Demetra**, vol. 9, n. 4, p. 925-941, 2014.

CHAIKLIANG, C.; WICHIENTHOT, S.; YOURAVOUG, W.; GRAIDIST, P. Evaluation on prebiotic properties of β -glucan and oligo- β -glucan from mushrooms by human fecal microbiota in fecal batch culture. **Functional Foods in Health and Disease**; v. 5, n. 11, p. 395-405, 2015.

CHANG, C. J.; LIN, C. S.; LU, C. C.; MARTEL, J. K. O. Y. F.; OJCIUS, D. M.; TSENG, S. F.; WU, T. R.; CHEN, Y. Y.; YOUNG, J. D.; LAI, H. C. *Ganoderma lucidum* reduces obesity in mice by modulating the composition of the gut microbiota. **Nature Communications**, v. 23, n. 7489, 2015.

CORRADI DA SILVA, M. de L.; MARTINEZ, P. F.; IZELI, N. L.; SILVA, I. R.; VASCONCELOS, A. F. D.; CARDOSO, M. de S. Caracterização química de glucanas fúngicas e suas aplicações biotecnológicas. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 85-92, 2006.

CUNHA, M. A. A.; SANTOS, J. C.; GÓMEZ, R. J. H. C.; SILVA, S. S. Goma curdlana: Propriedades e aplicações. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 33, p. 55-61, 2004.

DA PAIXÃO, L. A.; CASTRO, F. F. dos S. A colonização da microbiota intestinal e sua influência na saúde do hospedeiro. *Universitas*. **Ciências da Saúde**, v. 14, n. 1, p. 85-96, 2016.

DAS, D.; BARUAH, R.; GOYAL, A. A food additive with prebiotic properties of an α -D-glucan from *Lactobacillus plantarum* DM5. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 69, p. 20–26, 2014.

DAS, D.; GOYAL, A. Characterization and biocompatibility of glucan: a safe food additive from probiotic *Lactobacillus plantarum* DM5. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, p. 683–69, 2014.

DE MENEZES, C. R.; BARIN, J. S.; CHICOSKI, A. J.; ZEPKAI, L. Q.; JACOB-LOPES, E.; FRIES, L. L. M.; TERRA, N. N. Microencapsulação de probióticos: avanços e perspectivas. **Ciência Rural**, v.43, n.7, p.1309-1316, 2013.

DE PALENCIA, P. F.; WERNING, M. L.; SIERRA-FILARDI, E.; DUEÑAS, M. T.; IRASTORZA, A.; CORBÍ, A. L.; LÓPEZ, P. Probiotic Properties of the 2-Substituted (1,3)- β -D-Glucan-Producing Bacterium *Pediococcus parvulus* 2.6. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 75, n. 14, p. 4887-4891, 2009.

DILING C, XIN Y, CHAOQUN Z, JIAN Y, XIAOCUI T, JUN C, OU S, YIZHEN X. Extracts from *Hericium erinaceus* relieve inflammatory bowel disease by regulating immunity and gut microbiota. **Oncotarget**, vol. 6;8, n. 49, p. 85838-85857, 2017.

DIN, A.; CHUGHTAI, M. F. J.; KHAN, M. R. K.; SHAHZAD, A.; KHALIQ, A.; NASIR, M. A. Nutritional and functional perspectives of barley β -glucan. **International Food Research Journal**. v. 25, n. 5, p. 1773-1784, 2018.

FIGUEIREDO, S. M de; DIAS, V. DE A. R. C.; RIBEIRO, L. D. Fibras alimentares: combinações de alimentos para atingir meta de consumo de fibra solúvel/dia. **E-scientia**, v.2, n.1, p. 18, 2009.

FRIEDMAN, M. Mushroom Polysaccharides: Chemistry and Antiobesity, Antidiabetes, Anticancer, and Antibiotic Properties in Cells, Rodents, and Humans. **Foods**, v. 5, n. 80, 2016.

FORABOSCO, A.; BRUNO, G.; SPARAPANO, L.; LIUT, G.; MARINO, D.; DELBEN, F. Pullulans produced by strains of *Cryphonectria parasitica*—I. Production and characterisation of the exopolysaccharides. **Carbohydrate Polymers**, v. 63, n. 4, p. 535–544, 2006.

GAULLIER, E. JM.; SLEBODA, J.; FJORD, E. S.; ULVESTAD, E.; NURMINIEMI, M.; MOE, C.; ALBREKTSSEN, T.; GUDMUNDSEN, O. Supplementation with a Soluble Beta-Glucan Exported from Shiitake Medicinal mushroom, *Lentinus edodes* (Berk.) Singer Mycelium: A Crossover, Placebo-Controlled Study in Healthy. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 13, n. 4, p. 319–326, 2011.

GALLINA, D. A.; ALVES, A. T. S. E; TRENTOA, F. K. H. DE S.; CARUSI, J. Caracterização de Leites Fermentados Com e Sem Adição de Probióticos e Prebióticos e Avaliação da Viabilidade de Bactérias Láticas e Probióticas Durante a Vida-de-Prateleira. **UNOPAR Científica**, v. 13, n. 4, p. 239-244, 2011.

GARAI-IBABE, G. DUEÑAS, M. T.; IRASTORZA, A.; SIERRA-FILARDI, E.; WERNING, M. L.; LÓPEZ, P.; CORBÍ, A. L.; FERNÁNDEZ DE PALENCIA, P. Naturally occurring 2-

substituted (1,3)-beta-D-glucan producing *Lactobacillus suebicus* and *Pediococcus parvulus* strains with potential utility in the production of functional foods. **Bioresource technology**, v. 101, n. 23, p. 9254-63, 2010.

GIBSON, G. R. ; HUTKINS, R. ; SANDERS, M.E.; PRESCOTT, S. L.; REIMER, R. A.; SALMINEN, S. J.; SCOTT, K.; STANTON, C.; SWANSON, K. S. ; CANI, P. D. ; VERBEKE, K.; REID, G. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 14, p. 491–502, 2017.

GIBSON, G. R. et al. Dietary prebiotics: current status and new definition. Food Science and Technology Bulletin. **Functional Foods**, v. 7, p. 1-19, 2010.

GIANEZINI, M.; ALVES, A. B.; TECHEMAYER, C. A.; RÉVILLION, J. P.P. Diferenciação de produto e inovação na indústria agroalimentar: a inserção de alimentos funcionais no Brasil. RACE, **Unoesc: Edição Especial Agronegócios**, v. 11, n. 1, p. 9-26, 2012.

GIAVASIS, I. Bioactivefungal polysaccharides as potential functional ingredients in food and nutraceuticals. **Current Opinion in Biotechnology**. v. 26, p.162 – 173, 2014.

GIUNTINI, E. B.; MENEZES, E. W. de. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Fibra Alimentar. **ILSI Brasil International Life Sciences Institute do Brasil**, p. 68, 2018.

GULERIA, P.; KUMARI, S.; DANGI, N. β -glucan: Health Benefits and Role in Food Industry - A Review. International Journal of Enhanced Research in Science. **Technology & Engineering**, v. 4, n. 8, p. 255-263, 2015.

HILL, C.; GUARNER, F.; REID, G.; GIBSON, G. R.; MERENSTEIN, D. J. POT, B.; MORELLI, L.; CANANI, R. B.; FLINT, H. J.; SALMINEN, S.; CALDER, P. C.; SANDERS, M. E. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 11, p. 506–514, 2014.

ISPIRLI, H.; DEMIRBAS, F.; DERTLI, E. Glucan type exopolysaccharide (EPS) shows prebiotic effect and reduces syneresis in chocolate pudding. **Journal of Food Science and Technology**. v. 55, p. 3821-3826, 2018.

JAYAMANOHAR, J.; DEVI, P. B.; KAVITAK, D.; RAJENDRAN, S.; PRIYADARISIN, V. B.; SHETTY, P. H. Characterization of α -D-glucan produced by a probiont *Enterococcus hirae* KX577639 from feces of south Indian Irula tribals. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 118, p. 1667–1675, 2018.

KAGIMURA, F. Y.; CUNHA, M. A. A. da; BARBOSA, A. M.; DEKKER, R. F. H.; MALFATTI, C. R. M. Biological activities of derivatized d-glucans: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 72, p. 588–598, 2015.

KHANGWAL, I.; SHUKLA, P. Potential prebiotics and their transmission mechanisms: Recent approaches. **Journal of Food and Drug Analysis**, 2019.

KRALJ, S.; VAN GEEL-SCHUTTEN, G. H.; DONDORFF, M. M. G.; KIRSANOV, S.; VAN DER MAAREL, M. J. E. C.; DIJKHUIZEN, L. Glucan synthesis in the genus *Lactobacillus*: isolation and characterization of glucansucrase genes, enzymes and glucan products from six different strains. **Microbiology**, v. 150, p. 3681–3690, 2004.

- LAM, K.; KEUNG, H.; KO, K.; KWAN, H.; CHEUNG, P. C. In vitro fermentation of beta-glucans and other selected carbohydrates by infant fecal inoculum: An evaluation of their potential as prebiotics in infant formula. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 14, p. 20–24, 2018.
- LAMSAL, BP. Production, health aspects and potential food uses of dairy prebiotic galactooligosaccharides. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 10, p. 2020–2028, 2012.
- LIU, Y.; DANA, H.; LIA, C.; LIUA, A.; CHENA, H.; LINB, Q.; WUC, W.; SHENA, L.; YINC, P.; FENG, X.; WANG, J. Structural elucidation and hepatoprotective activities of polysaccharides from a mutant mSM-105 of *Catathelasma ventricosum* with enhanced production of 1,6- β -glucan. **Industrial Crops & Products**, v. 130, p. 459–466, 2019.
- LUNA, W. N. S. **Acetilação do exopolissacarídeo (1 \rightarrow 6)- β -D-glucana (lasiodiplodana): derivatização química e caracterização**. 2016. 63 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.
- MAGNANI, M.; CASTRO-GÓMEZ, R. J. H. β -glucana de *Saccharomyces cerevisiae*: constituição, bioatividade e obtenção. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n.3, p. 631–650, 2008.
- MAINA, N.H.; TENKANEN, M.; MAAHEIMO, H.; JUVONEN, R.; VIRKKI, L. NMR spectroscopic analysis of exopolysaccharides produced by *Leuconostoc citreum* and *Weissella confusa*. **Carbohydrate Research**, v. 343, n. 9, 7, p. 1446–1455, 2008.
- MARKOWIAK, P.; ŚLIŻEWSKA, K. Effects of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics on Human Health. **Nutrients**, v. 9, n. 9, p. 1021, 2017.
- MIAO, M.; JIA, X.; HAMAKER, B. R.; CUI, S. W. A.; JIANG, B.; HUANG, C. Structure-prebiotic properties relationship for α -D-glucan from *Leuconostoc citreum* SK24.002. **Food Hydrocolloids**, v. 57, p. 246–252, 2016.
- MINEIRO, S. A. L. **Fibra Alimentar: composição, métodos e implicações alimentares**. 2014. 97 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2014.
- MIRA, G. S.; GRAF, H.; CÂNDIDO, L. M. B. Visão retrospectiva em fibras alimentares com ênfase em beta-glucanas no tratamento do diabetes. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 45, n.1, 2009.
- MISAKI, A.; KAWAGUCHI, K.; MIYAJI, H.; NAGAE, H.; HOKKOKU, S.; KAKUTA, A.; SASAKI, T. Structure of pestalotan, a highly branched (1+3)-/3-d- glucan elaborated by *Pestalotia* sp. 815, and the enhancement of its antitumor activity by polyol modification of the side chains*. **Carbohydrate Research**, v. 129, p. 209–227, 1984.
- MITSOU, E. K.; PANOPOULOU, N.; TURUNEN, K.; SPILLOTIS, V.; KYRIACOU, A. Prebiotic potential of barley derived β -glucan at low intake levels: A randomised, double-blinded, placebo-controlled clinical study. **Food Research International**, v. 43, p. 1086–1092, 2010.
- MIZUNO, M.; NISHITANI, Y. Immunomodulating compounds in Basidiomycetes. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition**, v. 52, n. 3, p. 202–207, 2013.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v 3, n. 2, p. 109-122, 2006.

OLIVEIRA, J. D. de. **Produção e desenvolvimento biotecnológico de pululana e caracterização físico-química**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PAPATHANASOPOULOS, A; CAMILLERI, M. Dietary fiber supplements: effects in obesity and metabolic syndrome and relationship to gastrointestinal functions. **Gastroenterology**, v., 138, n. 1, p. 65-72, 2010.

PÉREZ-RAMOS, A.; MOHEDANO, M. L.; LÓPEZ, P.; SPANO, G.; FIOCCO D.; RUSSO P.; CAPOZZI, V. In Situ β -Glucan Fortification of Cereal-Based Matrices by *Pediococcus parvulus* 2.6: Technological Aspects and Prebiotic Potential. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 7, 2017.

PIZARRO, R. S. β -glucans: what types exist and what are their health benefits?. **Chilean Nutrition Magazine**, v. 41, p. 439-445, 2014.

RAIZEL, R.; SANTINI, E.; KOPPER, A. M.; REIS FILHO, A. D. dos. Efeitos do consumo de probióticos, prebióticos e simbióticos para o organismo humano. **Revista Ciência & Saúde**, v. 4, n. 2, p. 66-74, 2011.

RIBEIRO, M. R. G. M. **Influência do processo digestivo na atividade antioxidante de alimentos funcionais**. 2016, 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Lusófona de Humanidade e Tecnologias, Lisboa, 2016.

ROCHA, T. de S. **Estudo das características estruturais de amidos: efeito do ‘annealing’, da hidrólise ácida e da hidrólise enzimática**. 2010, 181 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2010.

RUIZ-HERRERA, J.; ORTIZ-CASTELLANOS, L. Cell wall glucans of fungi. A review. **The Cell Surface**, v. 5, 2019.

RUSSO, P.; LÓPEZ, P.; CAPOZZI, V.; DE PALENCIA, P. F.; DUEÑAS, M. T.; SPANO, G.; FIOCCO, D. Beta-glucans improve growth, viability and colonization of probiotic microorganisms. **International Journal of Molecular Sciences**, v.13, n. 5, p. 6026–6039, 2012.

SARTESHNIZIA, R. A., HOSSEINIA, H., BONDARIANZADEHA, D., COLMENEROB, F. J., KHAKSARA, R. Optimization of prebiotic sausage formulation: effect of using b-glucan and resistant starch by D-optimal mixture design approach. **LWT e Food Science and Technology**, v. 62, p. 704-710, 2015.

SALES, N. M. R. **Reaproveitamento de resíduo agroindustrial para o isolamento de beta glucana e avaliação da atividade antimicrobiana**. 2017, 86 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana). Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SWEENEY, COLLINS, C. B; REILLY, P.; PIERCE, K. M.; RYAN, M.; O'DOHERTY, J. V. Effect of purified b-glucans derived from *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea* and *Saccharomyces cerevisiae* on piglet performance, selected bacterial populations, volatile fatty acids and pro-inflammatory cytokines in the gastrointestinal tract of pigs T. **British Journal of Nutrition**, v. 108, p. 1226–1234, 2012.

SERRANO, P. S. **Prebióticos en la mejora de la función gastrointestinal**. 2017, 24 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Farmácia). Universidade Complutense, 2017.

SHI, Y.; LIU, J.; YAN, Q.; YOU, X.; YANG, S.; JIANG, Z. *In vitro* digestibility and prebiotic potential of curdlan (1 →3)-β-D-glucan oligosaccharides in *Lactobacillus* species. **Carbohydrate Polymers**, v. 188, p. 17–26, 2018.

SINGH, R.S. SAINI, G.K. Biosynthesis of Pullulan and Its Applications in Food and Pharmaceutical Industry. **Agriculture and Biotechnology**, p.509-553, 2012.

SOMENSI, F. Y. K. **Bioprodução de β-(1→6)-D-glucana e obtenção de derivado por carboximetilação visando atividade biológica**. 2014, 101 f. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

SOUKOULIS, C. H.; LEBESI D.; TZIA, C. Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. **Food Chemistry**, v. 115, p. 665–671, 2009.

SYNYTSYA, A.; NOVAK, M. Structural analysis of glucans. **Annals of Translational Medicine**, v. 2, n. 2, 2014.

SYNYTSYA, A.; KOVÁ, K. I. M.; SYNYTSYA, A.; JABLONSKY, I.; EK, J. Í S. V.; ERBAN, V.; ÍKOVÁ, E. K.; OPÍKOVÁ, J. Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* : Structure and potential prebiotic activity. **Carbohydrate Polymers**, v. 76, p. 548–556, 2009.

TORINO, M. I.; VALDEZ, G. F. de; MOZZI, F. Biopolymers from lactic acid bacteria. Novel applications in foods and beverages. Review article. **Microbiology**, vol. 6, n. 834, 2015.

ROBERFROID, M. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**. v. 34, n. 2, p. 105-10, 2002.

UYEDA, M.; DEL BUONOM, H. C.; GONZAGA, M. F. N.; CARVALHO, F. L. O. de. Probióticos e Prebióticos: benefícios acerca da literatura. **Revista de Saúde UniAGES**, v. 1, n. 1, p. 33-57, 2016.

WARRAND, J. Healthy Polysaccharides The Next Chapter in Food Products. **Food Technology. Biotechnol**, v. 44, n. 3, p. 355–370, 2006.

VASCONCELOS, A. F. D. **Beta glucanas de isolados fúngicos do gênero *Botryosphaeria*: produção, caracterização química e atividade anticoagulante**. 2009, 121 f. Tese (Doutorado em Ciência Biológicas). Universidade Estadual Paulista, 2009.

WONG, K. H.; WONG, Y. H.; KWAN, H. S.; CHEUNG, P. C. P. Dietary fibers from mushroom sclerotia: 3. In vitro fermentability using human fecal microflora. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 9407-9412, 2005.

ZANNINI, E.; WATERS D. M.; COFFEY, A.; AREND, E. K. Production, properties, and industrial food application of lactic acid bacteria-derived exopolysaccharides. **Microbiology and Biotechnology**, v. 100, n. 3, 2015.

YAN, Y. L.; HU, Y.; GANZLE, M. G. Prebiotics, FODMAPs and dietary fiber—conflicting concepts in development of functional food products? **Current Opinion in Food Science**, v. 20 p. 30–37, 2018.

ZHU, F.; DU, B.; XU, B. A critical review on production and industrial applications of betaglucans. **Food Hydrocolloids**, v. 52, p. 275-288, 2016.